

明 細 書

表面処理方法及び装置

技術分野

本発明は、プラズマ等による化学反応を利用して、ガラス基板等の基材の表面に各種酸化膜の形成その他の表面処理を施すための方法及び装置に関するものである。

背景技術

近年、化学反応を利用して成膜等の処理を行う手段として、基材と対向配置されるプラズマ発生用の電極を略円柱状とし、かつ、これを高速回転させるようにしたものが開発されるに至っている（特開平 9－1 0 4 9 8 5 号公報の第 7～8 頁及び図 1～図 2）。

この公報に記載の装置は、基材を搬送しながらこれと近接する回転電極を回転させるとともに、前記回転電極に高周波電力（直流電力でもよい）を印加し、当該回転電極の回転により当該回転電極と基材との間に表面処理用ガスが巻き込まれてプラズマが生成されるようにしたものであり、当該プラズマを生成しながら基材を搬送することにより、当該基材表面に薄膜を形成することができる。

この装置は、大気圧またはそれに近い圧力下での表面処理を実現し得る手段として有用であるが、前記基材と回転電極との間の微小隙間の寸法管理が非常に難しく、基材が搬送ベルト上ではねたり昇温で反ったりするだけでも良好な処理が阻害されるおそれがある。

このような厳しい寸法管理を不要にする手段として、特開 2 0 0 2－2 3 7 4 8 0 号公報の第 7～8 頁及び図 3）に示されるような遠隔プラズマ CVD が考えられる。この方法は、相対向する電極の少なくとも一方の対向面に固体誘電体を設置しておき、当該電極間に大気圧近傍の圧力下で表面処理用ガスを供給しかつパルス状の電界を印加することにより放電プラズマを生成し、このプラズマを放

電空間外に配された基材の表面に誘導して接触させることにより、当該基材表面に膜を付着させるものである。

発明の開示

前記のような遠隔プラズマCVDにおいて、基材表面上における膜厚分布を均一にするためには、基材の搬送方向と直交する方向について表面処理用ガスを均等に分布させる必要がある。特に成膜処理では、薄膜原料ガスの流れがそのまま形成膜の膜厚分布に影響を与えるため、基材搬送方向と直交する方向についてのガス供給の均一化は非常に重要な課題となる。

ここで、従来の減圧下でのプロセスにおいては、分子の平均自由行程が長いいため、適当な間隔でガス噴出孔を設けるだけでもガスを十分に混合して均一な性膜を行うことが比較的容易であったが、大気圧近傍の圧力下では前記ガスの流れが粘性流の領域に入るためガスの均一性を確保することが難しい。

その対策として、前記特開2002-237480号公報の図6には、ガス導入口に斜板を配することにより、基材搬送方向と直交する方向について圧力損失及び流速を均一化させることが開示されているが、実際の流れは前記のような粘性流の領域であるため、ガス導入口一次側の圧力や、表面処理部における反応圧力、使用するガスの種類といった運転条件に左右され易く、当該条件にかかわらず常に均一なガス流を形成することは難しい。すなわち、様々な運転条件に見合った装置を設計することは非常に困難であり、かかる困難性は基材とプラズマ等の活性源との距離が大きくなるほど顕著となる。

本発明は、このような事情に鑑み、簡素かつ低コストの構成で、基材上への均一なガス供給を可能にして高質の表面処理を実現することを目的とするものであり、その手段として、特定方向に基材を搬送する操作と、その基材の表面に向けて表面処理用ガスを供給するガス供給操作とを含む表面処理方法において、前記ガス供給操作は、前記基材から離れた位置に対向部材が設けられてこの対向部材に円筒状外周面をもつ回転体の当該外周面が隙間をおいて対向するように配置された表面処理装置を用い、その回転体を前記基材の搬送方向と略直交する方向の

軸を中心に回転させ、かつ、この回転体の外周面に前記表面処理用ガスを巻き込ませて前記隙間に導かせることにより、当該隙間から前記基材表面へ前記表面処理用ガスが送り出されるようにするものである。

この方法では、回転体を基材表面またはその基材表面から離れた対向部材に隙間をおいて対向させた状態で当該回転体を基材搬送方向と略直交する方向の軸回りに回転させることにより、当該回転体の回転に伴う表面処理用ガスの巻き込みと、その巻き込まれたガスの前記隙間からの噴出しとを利用して、当該表面処理用ガスを基材表面に対してその搬送方向と直交する方向に均一に供給することができ、その結果、良好な表面処理を実現することができる。

この方法では、基材と回転電極との隙間にプラズマを発生させるものと異なり、厳格な寸法管理は要求されず、しかも、表面処理用ガスを前記隙間から均一に供給することができる。

ここで、前記ガス供給操作は、前記隙間を通過したガスをそのまま基材表面へ供給するものでもよいが、この場合には前記隙間を通過したガスが膨張して減圧する傾向があるのに対し、前記隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記基材表面に送り出されるようにすれば、より安定した圧力状態でガスの供給を行うことができる。

なお、本発明にいう「表面処理用ガス」は、表面処理を行う目的で基材表面へ流すガスを広く含むものであり、表面処理のための化学反応を促進するためのガスや、プラズマを形成するためのガス、処理装置内での流れを維持するために導入されるガス等も含むものである。

また「回転体の回転方向上流側に逆流」とは、少なくとも回転体の回転方向上流側に向かうベクトル成分を含む方向の流れであればよく、当該ベクトルに対して傾斜する向きにガスが流れるものも含む趣旨である。

前記表面処理用ガスを活性化する場合には、例えば、前記回転体から前記基材の表面に至るまでの領域内にプラズマ生成用の電界を形成してその電界形成位置に前記表面処理用ガスを供給するようにすればよい。

前記表面処理として前記基材の表面に薄膜を形成する処理を含む場合には、当

該薄膜の原料となる薄膜原料ガスを前記表面処理用ガスに含ませ、当該薄膜原料ガスを前記基材表面またはその近傍で化学反応させることにより当該基材表面を処理するようにしてもよいし、前記電界に前記表面処理用ガスを供給することにより生成されたプラズマまたはこのプラズマにより励起されたラジカル種を前記基材の表面に供給するとともに当該基材表面のプラズマまたはラジカル種に前記薄膜の原料となる薄膜原料ガスを供給することにより当該薄膜原料ガスを前記基材表面またはその近傍で化学反応させて当該基材表面に薄膜を形成するようにしてもよい。

後者の場合には、回転体の表面に無駄に薄膜が形成されてしまうのを回避することにより、当該回転体のメンテナンス周期を延ばし、また効率を高めることができる利点が得られる。この場合、前記表面処理用ガスとしては、不活性ガス、酸素含有ガスの少なくとも一方が含まれたものが好適であり、その不活性ガスとしては、窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、キセノンなどが挙げられ、酸素含有ガスとしては、酸素ガスのほか、空気、水蒸気、窒素酸化物などが挙げられる。

また本発明は、前記方法を実現する装置であって、特定方向に基材を搬送する基材搬送手段と、その基材の表面に向けて表面処理用ガスを供給するガス供給手段とを備えた表面処理装置において、前記ガス供給手段は、円筒状外周面を有し、その中心軸が前記基材の搬送方向と略直交する方向を向くように配置された回転体と、この回転体をその中心軸回りに回転させる回転駆動手段と、前記回転体の外周面に対して隙間をおいて対向する位置に設けられた対向部材とを備え、前記回転体の回転に伴ってその外周面に巻き込まれた表面処理用ガスが当該回転体の外周面と前記対向部材との隙間に導かれ、かつ、この隙間から前記基材表面へ前記表面処理用ガスが送り出されるように前記対向部材が配置されているものである。

この装置において、前記ガス供給手段は、前記隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記基材表面に送り出されるように前記回転体及び対向部材が配置されたものであることが、より好ましい。

さらに、前記回転体から前記基材の表面に至るまでの領域中にプラズマ生成用の電界を形成する電界形成手段が配置され、この電界を前記表面処理用ガスが通ることにより表面処理用プラズマが生成されるように構成されているものでは、表面処理用ガスの供給とその活性化とを同時並行して効率良く行うことができる。

前記対向部材の形状は特に問わないが、当該対向部材が前記隙間から前記基材の表面へ前記表面処理用ガスを案内する案内面を有している構成とすれば、前記隙間に導かれた表面処理用ガスをより安定した状態で基材表面へ導くことができる。

この場合、前記案内面をそのまま回転体の外周面に対向させてもよいし、前記対向部材を板状としてその端面を前記回転体の外周面に対向させ、当該対向部材の一側面を前記案内面とするようにしてもよい。後者の場合には対向部材の一側面全体を案内面として活用できるため、その結果として当該対向部材の小型化を図ることができる。

さらに、前記対向部材の端面を回転体の外周面に対向させる場合、その端面を前記回転体の外周面に沿う形状の曲面とすることにより、当該隙間の管理をより容易に行うことが可能になる。

また、前記対向部材に加え、この対向部材よりも前記回転体の回転方向下流側の位置で当該回転体の外周面に隙間をおいて対向する下流側対向部材を備えるとともに、この下流側対向部材と前記対向部材とで挟まれた領域内に前記表面処理用ガスとは別のガスを供給するための少なくとも一つのガス供給部が設けられ、このガス供給部から供給されるガスが前記回転体の外周面に巻き込まれて当該回転体と前記下流側対向部材との隙間から当該下流側対向部材に沿って基材表面へ案内されるように当該下流側対向部材が配置されている構成とすれば、前記表面処理用ガスとこれとは別のガスとを共通の回転体を用いて基材表面に供給することが可能になる。従って、簡素な構成で二系統のガス供給による基材表面処理を実現できる。

具体的に、前記回転体と前記対向部材との隙間から前記基材表面に至るまでの間の領域中にプラズマ生成用の電界を形成する電界形成手段が配置され、この電

界を前記表面処理用ガスが通ることにより表面処理用プラズマが生成されるように構成されるとともに、前記ガス供給部からは前記表面処理用プラズマにより化学反応を起こして基材表面に薄膜を形成する薄膜原料ガスが供給されるように構成されたものでは、前記回転体の回転によって基材表面に前記表面処理用ガスをプラズマ化したものと前記薄膜原料ガスとの双方を同時供給することができ、これによって基材表面に効率良く薄膜を形成することが可能になる。

ここで、前記回転体と前記対向部材との隙間は前記回転体と前記下流側対向部材との隙間よりも小さくすることが、より好ましい。これにより、当該回転体と対向部材との隙間におけるシール性を高めることができ、前記表面処理用ガスと前記ガス供給部から供給されるガスとの混合をより効果的に抑止することができる。

本発明装置では、前記案内面と対向する位置に整流部材が設けられ、この整流部材と前記案内面との間を前記表面処理用ガスが流れるように当該整流部材が配置されているのが、より好ましい。この構成によれば、前記隙間からのガスをより効率良く基材表面へ導くことができる。

さらに、当該案内面とこれに対向する前記整流部材の面とに相対向するプラズマ生成用電極を配置し、これらの電極の間に電圧が印加された状態で当該電極間を前記表面処理用ガスが通過することにより当該表面処理用ガスが化学反応を起こすようにすることにより、効率の高いガスの供給と同時に、当該ガスをより確実にプラズマ領域に通してその活性化を図ることができる。

ここで、前記対向部材の案内面と前記整流部材との離間距離は前記回転体の外周面と前記案内面との離間距離よりも大きいことが好ましい。これにより、前記隙間からの表面処理用ガスの噴出し効果を確保しながら、その噴出したガスを円滑に基材表面へ導くことができる。

また、前記回転体及び前記対向部材を覆う覆い部材を備え、この覆い部材に、当該覆い部材内に表面処理用ガスを導入するための表面処理用ガス導入口と、この覆い部材内における前記回転体と前記対向部材との隙間から前記基材の表面へ向けて前記表面処理用ガスを排出するための表面処理用ガス排出口とが設けられ

ている構成とすれば、覆い部材内の限られた空間に表面処理用ガスを供給して回転体に巻き込ませることにより、必要な表面処理用ガスをより効率良く集中的に基材表面へ導くことが可能になる。

また、本発明の表面処理装置において、前記対向部材としては、前記基材の表面にも対向するように当該基材の表面と前記回転体との間に配置され、かつ、この対向部材と前記回転体との隙間が最小となる位置よりも前記回転体の回転方向上流側の位置に当該対向部材を貫通するガス排出口を有するとともに、前記隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記ガス排出口を通じて基材表面に送り出されるように配置されているものも好適である。

この構成によれば、前記回転体の外周面と対向部材との間に形成された隙間から逆流するガスが当該対向部材に設けられたガス排出口を通じて基材上の安定した位置に供給されることとなる。

さらに、前記ガス排出口が前記回転体の回転軸方向と平行な方向に延びるスリット状をなしているものであれば、当該方向すなわち基材の搬送方向と直交する方向により均一に前記ガスを供給することが可能になる。

また、前記対向部材が、前記回転体の外周面に沿って湾曲する凹面を有し、かつ、この凹面と前記回転体の外周面との間にその周方向に亘って略均一な微小隙間が形成される位置に配置されているものであれば、当該隙間におけるガスの流れ抵抗を有効に高めることにより、当該隙間から逆流して前記ガス排出口から前記基材の表面に供給されるガス量をさらに増やすことができ、これにより処理効率をさらに高めることができる。

また、前記回転体を覆う覆い部材を備え、この覆い部材に、当該覆い部材内に表面処理用ガスを導入するための表面処理用ガス導入口が設けられるとともに、当該覆い部材を構成する壁の一部が前記回転体と前記基材との間に介在して前記対向部材を構成しているものとすれば、覆い部材内の限られた空間に表面処理用ガスを供給して回転体に巻き込ませることにより、必要な表面処理用ガスをより効率良く集中的に基材表面へ導くことができるとともに、その覆い部材の壁の一部を前記対向部材に兼用することによって装置の簡略化を図ることができる。

また本発明は、特定方向に基材を搬送する基材搬送手段と、その基材の表面に向けて表面処理用ガスを供給するガス供給手段とを備え、当該表面処理用ガスを前記基材表面またはその近傍で化学反応させることにより当該基材表面を処理するための表面処理装置において、前記ガス供給手段は、円筒状外周面を有し、その外周面が前記基材搬送手段により搬送される基材の表面に対向し、かつ、その中心軸が前記基材の搬送方向と略直交する方向を向くように配置された回転体と、この回転体をその中心軸回りに回転させる回転駆動手段と、前記回転体を当該回転体が前記基材の表面に対向する部位を残して覆う覆い部材と、この覆い部材が前記基材の表面に対向する面と当該基材の表面との間に電界を形成する電界形成手段とを備え、前記覆い部材内に供給された表面処理用ガスが前記回転体の回転に伴いその外周面に巻き込まれて当該回転体の外周面と前記基材の表面との隙間に導かれ、かつ、この隙間から前記電界形成手段により電界が形成される領域に供給されて当該領域でプラズマが生成されるように前記回転体及び覆い部材が配置されているものである。

この装置によれば、回転体により巻き込まれたガスが当該回転体と基材との隙間に導かれ、かつ、この隙間から基材の表面へ向けて供給されることになる。この場合も、従来のように回転電極と基材との間にプラズマを形成するのではなく、回転体と基材との隙間から別の領域における基材の表面にガスを供給するものであるため、回転体－基材間の厳密な寸法管理は要さず、しかも、基材表面に対してその搬送方向と直交する方向について均一に表面処理用ガスを供給することができる。

この装置においても、前記ガス供給手段は、前記回転体と基材の表面との隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記電界形成領域に送り出されるように前記回転体及び覆い部材が配置されたものが、より好ましい。

また、前記電界形成領域における前記基材の表面とこれに対向する覆い部材の面との離間距離は前記基材の表面と前記回転体の外周面との離間距離よりも大きいことが、より好ましい。

図面の簡単な説明

図 1 は、回転体と対向板及び下流側対向板との組み合わせにより表面処理用ガスの供給を行う表面処理装置の例を示す断面正面図である。

図 2 (a) は、図 1 に示す装置の要部を示す断面平面図、(b) は、同要部を示す断面正面図、(c) は同装置において回転体外周面と対向板との間に形成される隙間を示す断面図である。

図 3 は、回転体と略垂直状態で配置された対向板との組み合わせにより表面処理用ガスの供給を行う表面処理装置の要部を示す断面正面図である。

図 4 は、回転体と傾斜状態で配置された対向板との組み合わせにより表面処理用ガスの供給を行う表面処理装置の例を示す断面正面図である。

図 5 (a) は、図 4 に示す装置の要部を示す断面平面図、(b) は、同要部を示す断面正面図である。

図 6 は、前記表面処理装置における放電電極を回転体の外周面に対向させた例を示す断面正面図である。

図 7 は、前記表面処理装置における放電電極を回転体の外周面に対向させた例を示す断面正面図である。

図 8 は、回転体の外周面が覆い部材の底壁の内側面に対向してその近傍にスリット状の表面処理用ガス排出口が設けられた表面処理装置であってその表面処理用ガス排出口の両側に放電電極及び接地電極が設けられた例を示す断面正面図である。

図 9 は、回転体の外周面が覆い部材の底壁の内側面に対向してその近傍にスリット状の表面処理用ガス排出口が設けられた表面処理装置であって接地された回転体の外周面に放電電極が対向する例を示す断面正面図である。

図 10 は、回転体の外周面が覆い部材の底壁における開口周縁部に対向してその近傍にスリット状の表面処理用ガス排出口が設けられた表面処理装置であってその表面処理用ガス排出口の両側に放電電極及び接地電極が設けられた例を示す断面正面図である。

図 11 は、回転体の外周面が覆い部材の底壁における開口周縁部に対向してそ

の近傍にスリット状の表面処理用ガス排出口が設けられた表面処理装置であって接地された回転体の外周面に放電電極が対向する例を示す断面正面図である。

図 1 2 は、覆い部材の底壁に回転体の外周面に沿って湾曲する凹面が形成された表面処理装置であってその表面処理用ガス排出口の両側に放電電極及び接地電極が設けられた例を示す断面正面図である。

図 1 3 は、覆い部材の底壁に回転体の外周面に沿って湾曲する凹面が形成された表面処理装置であって接地された回転体の外周面に放電電極が対向する例を示す断面正面図である。

図 1 4 は、回転体を基材の表面に対向させて表面処理用ガスの供給を行う表面処理装置の例を示す断面正面図である。

図 1 5 (a) は、図 1 4 に示す装置の要部を示す断面平面図、(b) は、同要部を示す断面正面図である。

図 1 6 は、図 4 に示す装置において回転体を逆に回転させて表面処理を行う例を示す断面正面図である。

図 1 7 は、一對の回転体を相互対向させて表面処理用ガスの供給を行うようにした表面処理装置を示す断面正面図である。

図 1 8 (a) は、図 1 4 に示す装置における回転体と基材との隙間寸法と成膜速度との関係を示すグラフ、(b) は、同装置における回転体の回転数と膜厚分布との関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

本発明を実施するための形態を図面に基づいて説明する。なお、本発明は、チタニア、シリカ、ジルコン、酸化錫などからなる酸化膜の成膜に好適であるが、その他、一般の CVD で成膜可能な全ての材料について本発明の適用が可能である。当該成膜の際のキャリアガスや酸化剤の種類についても薄膜の原料となる薄膜原料ガスの種類に応じて適宜選定すればよい。また、本発明は、成膜の他、例えばエッチングなど、他のプラズマ処理を行う場合にも適用が可能である。

また、以下に示す各実施形態のうち、回転体と対向部材との隙間から、回転体

の回転方向上流側に逆流したガスが基材表面に送り出されるようにガス供給を操作するものについては、回転体と対向部材とがなす隙間の寸法は、後述のようなガスの逆流が生じ得る程度に小さく設定される。その具体的な寸法は適宜設定可能であるが、一般には5 mm以下、より好ましくは2 mm以下とするのがよい。このように隙間の寸法を適当な範囲内で定めることにより、ガスの遮断効果が生じ、当該隙間部分の圧力が上昇することにより、この隙間へ導かれるガスの一部または全部を回転体の回転方向上流側に逆流させることが可能になる。

なお、前記回転体と対向部材との隙間から回転体の回転方向上流側に逆流した前記ガスは、そのまま基材表面に送り出されるようにしてもよいし、ガス排出口などを通過してその流れ方向が調整された後に基材表面に送り出されるようにしてもよい。

図1及び図2は、回転体24と対向板（対向部材）20及び下流側対向板（下流側対向部材）20'との組み合わせを利用した表面処理装置の例を示したものである。この装置は、図1に示すようなチャンバー2を備え、このチャンバー2の側部に排気口4が設けられている。同チャンバー2の底部には特定方向（図1では左右方向）に延びる基材搬送ベルト8が設置され、この基材搬送ベルト8に固定された基材搬送台10上に基材12が載置された状態で当該基材12が水平姿勢を保ちながら前記基材搬送ベルト8の長手方向（図では左から右に向かう方向）に搬送されるようになっている。そして、この基材搬送ベルト8の上方に、チャンバー2内の空間の一部を取り囲む覆い部材14が設けられている。

なお、前記基材12は、表面処理が可能なものであれば特に限定されず、ガラスやプラスチックフィルムが例示される。基材としてガラスを用いる場合、そのガラスの厚さは0.3～1.5 mmであることが強度の点で好ましい。

図2にも示すように、前記覆い部材14の頂部には少なくとも一つの表面処理用ガス供給口16が設けられ、底部には表面処理用ガス排出口18及び薄膜原料ガス排出口18'が基材搬送方向に沿って並設されている。そして、この覆い部材14の内部に、前記対向板20及び下流側対向板20'と、整流板（整流部材）22と、回転体24とが格納されている。

回転体 2 4 は、円筒状の外周面をもつ円柱状に形成され、その中心軸が前記基材の搬送方向と略直交する水平方向（図 2（b）では奥行き方向）を向くように配置されている。具体的に、この回転体 2 4 にはその中心軸に沿って当該回転体 2 4 を貫く回転中心軸 2 6 が固定され、この回転中心軸 2 6 の両端が、前記覆い部材 1 4 の底壁上に立設された一对の軸受台 2 8 を介して回転可能に支承されている。

覆い部材 1 4 の外部には、回転駆動手段であるモータ 3 0 が設置されている。このモータ 3 0 の出力軸及び前記回転中心軸 2 6 の一端部には互いに磁力で連動するマグネットカップリング 3 2 が固定され、これらのマグネットカップリング 3 2 が覆い部材 1 4 の側壁を挟んでその内外に配置されている。従って、前記モータ 3 0 の作動により、前記回転体 2 4 が前記回転中心軸 2 6 の中心軸回り、すなわち、基材搬送方向と略直交する方向の軸回りに回転駆動されるようになっている。また、前記表面処理用ガス排出口 1 8 は前記薄膜原料ガス排出口 1 8' よりも回転体 2 4 の回転方向上流側（図 2（a）（b）では右側）に形成されている。

対向板 2 0、下流側対向板 2 0'、及び整流板 2 2 は全て平板状をなし、相互平行な姿勢で覆い部材 1 4 の底壁から略垂直方向に立ち上がっている。

具体的に、前記対向板 2 0 は、前記表面処理用ガス排出口 1 8 の回転体回転方向下流側縁部（図 2（a）（b）では左側縁部）から上方に立ち上がり、その上端面 2 0 a が前記回転体 2 4 の外周面に隙間 2 3 をおいて対向している。また、当該上端面 2 0 a は前記回転体 2 4 の外周面に沿う形状の曲面とされ、当該上端面 2 0 a と前記回転体 2 4 の外周面との隙間の均一化が図られている。

下流側対向板 2 0' は、前記薄膜原料ガス排出口 1 8' の回転体回転方向下流側縁部（図 2（a）（b）では左側縁部）から上方に立ち上がり、その一側面（図 2（a）（b）では右側面）が前記回転体 2 4 の外周面に対して側方から隙間 2 3' をおいて対向している。また、この下流側対向板 2 0' と前記対向板 2 0 とで挟まれる領域には、当該領域に対して側方から後述の薄膜原料ガスを供給するための少なくとも一つのガス供給口 6 が設けられている。

ここで、前記対向板 20 の上端面 20 a と前記回転体 24 の外周面との隙間 23 の寸法は、前記対向板 20 の側面と整流板 22 の側面との離間寸法よりも小さく、さらには、前記下流側対向板 20' と前記回転体 24 の外周面との隙間 23' の寸法よりも小さく設定されていることが好ましい。具体的な隙間寸法は適宜設定可能であるが、一般には、隙間 23' の寸法を 0.5~1.0mm 程度、隙間 23 の寸法を 0.1mm 程度に設定すれば、当該隙間 23 においてある程度のガス遮断効果を得ることが可能である。

前記整流板 22 は、前記表面処理用ガス排出口 18 の回転体回転方向上流側縁部（図 2（a）（b）では右側縁部）から上方に立ち上がり、前記対向板 20 との間に略垂直方向の表面処理用ガス案内通路を形成している。すなわち、対向板 20 の側面のうち整流板 22 側の面が案内面として機能している。また、整流板 22 の上端面と前記回転体 24 との間には表面処理用ガスが円滑に流通できるのに十分な隙間（前記隙間 23, 23' よりも十分大きな隙間）が確保されている。

さらに、この装置では、回転体 24 と基材 12 との間の位置（前記表面処理用ガス案内通路の途中の位置）に、プラズマ生成用の電界を形成するための放電電極 34 及び接地電極 36 が設けられている。このうち、接地電極 36 は、前記表面処理用ガス排出口 18 の近傍における前記対向板 20 の側面に固定され、放電電極 34 は前記整流板 22 の側面において前記接地電極 36 に対向する位置に固定されている。そして、前記接地電極 36 が接地される一方、前記放電電極 34 に高周波電圧（直流電圧でもよい）が印加されることにより、両電極 34, 36 間にプラズマ生成用の電界が形成されるようになっている。

次に、この装置を用いて基材 12 の表面に酸化膜を形成する方法の例を説明する。

この方法では、次の各操作が同時並行して行われる。

1) 基材搬送操作：基材搬送台 10 に基材 12 を載置し、図略のヒータによって予熱した後、搬送ベルト 8 の長手方向に沿って覆い部材 14 の表面処理用ガス排出口 18 及び薄膜原料ガス排出口 18' の下方の位置へ搬送する。

2) 薄膜原料ガス供給操作：ガス供給口 6 を通じて、薄膜原料となるガス（例

例えばシリコン酸化膜を形成する場合にはテトラエトキシシラン（TEOS）など）と、アルゴン等のキャリアガスとを対向板20と下流側対向板20'とで挟まれた領域内に供給する。

3) 表面処理用ガス供給操作：表面処理用ガス供給口16を通じて覆い部材14内に表面処理用ガスを供給する。この実施の形態では、表面処理用ガスに、アルゴン等の不活性ガスからなるキャリアガスと、 O_2 、 N_2O 、 NO_2 、空気、水蒸気といった酸素含有ガスからなる酸化剤の少なくとも一方を含む。また、覆い部材14内では、モータ30の作動で回転体24を図1及び図2(a)(b)の矢印方向、すなわち、回転体24の外周面と対向板20の上端面20aとの隙間23における当該回転体24の外周面の周速成分が基材搬送台10上の基材12の表面から離れる向きとなる方向に高速回転させる。

この回転体24の回転により、その外周面に前記表面処理用ガスが巻き込まれて前記隙間23に導かれるが、この隙間23の寸法が小さいために多くの表面処理用ガスが回転体24の回転方向上流側に逆流し、対向板20の側面（案内面）に沿って、すなわち当該対向板20と整流板22との間の案内通路を通じて表面処理用ガス排出口18から基材12の表面に向けて排出される。

その際、前記放電電極34と接地電極36との間に所定強さの電界を形成しておくこと、両電極34、36間を前記表面処理用ガスが通過することによりプラズマが生成され、当該プラズマ、もしくは、少なくとも当該プラズマによって前記表面処理用ガスが活性化されたラジカル種が、基材12の表面に供給される。

さらに、前記対向板20よりも回転体24の回転方向下流側の領域では、前記ガス供給口6から供給される薄膜原料ガスが前記と同様に回転体24の外周面に巻き込まれて当該回転体24の外周面と下流側対向板20'との隙間23'へ導かれ、この隙間23'から逆流した薄膜原料ガスが前記下流側対向板20'の側面に沿って薄膜原料ガス排出口18'から基材12の表面に供給される。そして、この薄膜原料ガスが前記プラズマまたはラジカル種に混合されて化学反応を起こすことにより、基材12の表面に薄膜が形成される。反応に使われなかったガスはガス排出口4からチャンバー2の外部へ排出される。

この方法では、例えば回転電極と基材 1 2 との微小隙間にプラズマを生成する従来方法に比べ、隙間寸法の厳しい管理が要求されず、しかも、回転体 2 4 の回転による表面処理用ガスの巻き込みと、当該回転体 2 4 と対向板 2 0 との隙間 2 3 からの表面処理用ガスの逆流とを利用して、基材 1 2 に対してその幅方向（基材搬送方向と直交する方向）に均一な表面処理用ガスの供給をすることにより、高質の表面処理を実現することができる。

特に、図示の装置では、共通の回転体 2 4 を用いて、前記表面処理用ガスと薄膜原料ガスとを同時に並行して基材 1 2 の表面に供給することが可能となっており、小型かつ簡素な構成で良好な薄膜形成を行うことが可能となっている。

なお、本発明では必ずしも共通の回転体 2 4 を用いて 2 系統のガス供給を同時に行うものに限らず、図 3 に示すように単一の対向板 2 0 のみを設置して一系統のガス供給を行うようにしてもよい。この装置において薄膜形成を行うには、例えばチャンパー 2 に前記ガス供給口 6 を設けて当該チャンパー 2 内に薄膜原料ガスを供給するようにすればよい。

また、本発明では対向部材の具体的な配置や姿勢は限定されない。図 4 及び図 5 は、対向板 2 0 が傾斜するように配置されたものを示している。図例では、対向板 2 0 の上面（案内面）が前記表面処理用ガス排出口 1 8 に向かってなだらかに傾斜するように覆い部材 1 4 の底部に配置されている。整流板 2 2 も、前記対向板 2 0 と略平行となるように傾斜し、かつ、前記表面処理用ガス排出口 1 8 の近傍で前記対向板 2 0 の端部に対して上側から対向するように配置され、当該対向板 2 0 との間に表面処理用ガス案内通路を形成している。この場合も、図 4 に示すガス供給口 6 から薄膜原料ガスを供給すれば、当該ガスが前記表面処理用ガス案内通路から供給されるプラズマまたはラジカル種との混合によって化学反応を起こして基材 1 2 の表面に薄膜を形成することになる。また、前記回転体 2 4 の外周面と対向板 2 0 の表面との隙間 2 3 の寸法（離間距離）はなるべく小さい方が好ましく、当該寸法よりも、前記表面処理用ガス排出口 1 8 の隙間寸法や、前記覆い部材 1 4 の底壁と基材 1 2 の表面との離間寸法を大きくするのが好ましい。

なお、前記覆い部材 1 4 内に供給する表面処理用ガスに薄膜原料ガスを含め、この薄膜原料ガスとともにプラズマ化して基材 1 2 の表面に供給するようにしても、薄膜形成は可能である。その場合、ガス供給口 6 からはチャンバー 2 内に例えばキャリアガスのみを供給するようにすればよい。ただし、その場合には回転体 2 4 の表面にもある程度の薄膜が形成されてしまうのに対し、前記方法のように覆い部材 1 4 内に供給される表面処理用ガスには薄膜原料ガスを含めずに別途基材 1 2 の表面に供給するようにすれば、回転体 2 4 の表面に薄膜が形成されるのを回避できる分、効率が向上し、また回転体 2 4 のメンテナンス周期を延長させることができる利点が得られる。

また、覆い部材 1 4 内でプラズマを生成させるにあたり、電界形成位置は適宜設定可能であり、例えば前記放電電極 3 4 を図 6 に示すような整流板 2 2 の直上方の位置に設けたり図 7 に示すように対向板 2 0 に組み込んだりした上で、回転体 2 4 を接地することにより、当該放電電極 3 4 と回転体 2 4 との間に電界を形成してその電界形成位置でプラズマを生成するようにしてもよい。その場合も、当該プラズマが表面処理用ガスとともに表面処理用ガス排出口 1 8 を通じて基材 1 2 の表面に供給されることにより、当該基材表面の処理が実現される。

具体的に、図 6 に示す装置では、放電電極 3 4 と回転体 2 4 との間の放電により励起された表面処理用ガスが回転体 2 4 と対向板 2 0 との隙間 2 3 またはその近くまで巻き込まれた後、逆流して基材 1 2 の表面に供給され、図 7 に示す装置では、前記隙間 2 3 またはその近くまで巻き込まれた表面処理用ガスが同隙間 2 3 で形成されるプラズマにより励起されてから逆流して基材 1 2 の表面に供給されることとなる。

前記図 1 ～図 7 に示した装置は、回転体 2 4 及びこれに対向する対向板 2 0 が覆い部材 1 4 内に收容されたものであるが、当該覆い部材 1 4 の壁の一部を対向部材として構成することも可能であり、これによって装置の構造はより簡素化される。

図 8 は、前記覆い部材 1 4 の底壁 1 5 が対向部材として構成されたものである。図において、覆い部材 1 4 は回転体 2 4 全体を收容しており、当該覆い部材 1 4

の底壁 1 5 が前記回転体 2 4 の外周面と基材 1 2 の表面との間に介在している。前記回転体 2 4 は、その外周面が覆い部材 1 4 の底壁 1 5 の内側面（上面）と微小な隙間 2 3 をおいて対向する位置に設けられている。

前記覆い部材 1 4 の底壁 1 5 には、同底壁 1 5 を上下方向に貫通する表面処理用ガス排出口 1 8 が形成されている。この表面処理用ガス排出口 1 8 は、回転体 2 4 の回転軸 2 6 と平行な方向に延びるスリット状をなし、前記回転体 2 4 の外周面と覆い部材 1 4 の底壁 1 5 との隙間が最小となる位置よりも当該回転体 2 4 の回転方向上流側（図例では右側）に位置している。さらに、プラズマ生成手段である放電電極 3 4 及び接地電極 3 6 が前記表面処理用ガス排出口 1 8 を前後から挟むようにして前記覆い部材 1 4 の底壁 1 5 の下面に取付けられている。

この装置において、覆い部材 1 4 内に供給される表面処理用ガスは、前記回転体 2 4 の回転によりその外周面に巻き込まれて前記隙間 2 3 に導かれ、そのガスの多くが回転体 2 4 の回転方向上流側に逆流するが、その上流側にスリット状の前記表面処理用ガス排出口 1 8 が存在するため、前記隙間 2 3 から逆流したガスは、前記表面処理用ガス排出口 1 8 から基材 1 2 の表面に対し、前記回転体 2 4 の回転軸 2 6 と平行な方向（すなわち基材搬送方向と直交する方向）に延びるカーテン状に安定した状態で供給される。この供給ガスは、前記放電電極 3 4 と接地電極 3 6 との間に形成された所定強さの電界を通過することによりプラズマを生成し、当該プラズマ、もしくは、少なくとも当該プラズマによって前記表面処理用ガスが活性化されたラジカル種が、基材 1 2 の表面に供給され、薄膜 4 2 を形成する。

なお、前記プラズマ生成手段としては、前記図 6 に示した装置と同様に、前記回転体 2 4 が接地され、かつ、その外周面に対向するように放電電極 3 4 が配設されたものでもよい。図 9 に示す装置では、前記表面処理用ガス排出口 1 8 よりもさらに回転体 2 4 の回転方向上流側の位置で放電電極 3 4 が覆い部材 1 4 の底壁 1 5 上に固定されており、その放電電極 3 4 には前記回転体 2 4 の外周面と対向する傾斜面 3 4 a が形成されている。この装置では、回転する回転体 2 4 の外周面に巻き込まれた表面処理用ガスが前記放電電極 3 4 と回転体 2 4 との間に形

成されたプラズマ 40 を通過した後に隙間 23 の手前で逆流して表面処理用ガス排出口 18 から基材 12 の表面に向けて送り出される。

図 8 及び図 9 に示す装置によれば、表面処理用ガス排出口 18 の形状設定によって底壁 15 から供給されるガスの流量及び領域を適正に制御することができ、これにより安定した表面処理を実現することができる。その隙間 23 や表面処理用ガス排出口 18 の寸法、位置等の好適例については後述の実施例 4, 5 として提示する。

前記のように覆い部材 14 の底壁 15 を対向部材として利用する場合でも、必ずしも前記回転体 24 の全体が覆い部材 14 内に收容されていなくてもよく、図 10 及び図 11 に示すように、当該底壁 15 に設けられた開口 38 から回転体 24 の一部が覆い部材 14 の外部に突出（図では基材 12 に向けて突出）したものであってもよい。この場合、図示のように、前記底壁 15 における開口 38 の周縁部が前記回転体 24 の外周面との間に微小な隙間 23 を形成し、それよりも回転体 24 の回転方向上流側に前記底壁 15 の表面処理用ガス排出口 18 が位置する構成とすればよい。

なお、図 10 は、前記表面処理用ガス排出口 18 を前後から挟むようにして放電電極 34 と接地電極 36 とが覆い部材 14 の底壁 15 に組み込まれた例を示しており、図 11 は、前記隙間 23 よりもさらに回転体 24 の回転方向上流側の位置で当該回転体 24 の外周面に放電電極 34 が対向し、この放電電極 34 と接地された回転体 24 との間にプラズマ 40 が形成される例を示している。

本発明において、隙間 23 からガスを逆流させて基材 12 に供給する場合、当該隙間 23 でのガスの流れ抵抗は高いことが好ましく、当該流れ抵抗が高いほど逆流するガスの割合を増やすことが可能である。図 12, 図 13 に示す装置では、対向部材としての覆い部材 14 の底壁 15 の上面において、前記表面処理用ガス排出口 18 よりも回転体 24 の回転方向下流側の位置に、前記回転体 24 の外周面に沿って湾曲する凹面 15a が形成され、この凹面 15a と前記回転体 24 の外周面との間にその周方向に亘って略均一な隙間 23 が形成されている。このような構成では、隙間 23 におけるガスの流れ抵抗を著しく増大させることができ、

当該隙間 2 3 の手前で逆流するガスの量を有効に増やすことができる。

このような装置においても、プラズマ生成手段として種々の態様が存在する。前記図 1 2 に示す装置では、前記表面処理用ガス排出口 1 8 よりもさらに回転体 2 4 の回転方向上流側の位置で放電電極 3 4 が覆い部材 1 4 の底壁 1 5 上に固定され、その放電電極 3 4 に前記回転体 2 4 の外周面と対向する傾斜面 3 4 a が形成されており、この傾斜面 3 4 a と前記回転体 2 4 との間でプラズマ 4 0 が形成される。これに対して図 1 3 に示す装置では、表面処理用ガス排出口 1 8 の出口を覆うようにガスの透過が可能なメッシュ状の放電電極 3 4 が配設され、この放電電極 3 4 と回転体 2 4 との間で前記表面処理用ガス排出口 1 8 内にプラズマ 4 0 が形成される。

なお、前記図 1 2 に示す装置では、覆い部材 1 4 の底壁 1 5 の一部をそのまま放電電極として構成してもよい。当該図 1 2 に示す装置における各寸法の好適例については、後述の実施例 6 として提示する。

本発明では、前記対向板 2 0 や覆い部材 1 4 の底壁 1 5 に代え、回転体 2 4 の外周面を基材 1 2 の表面に対向させることによっても、良好な表面処理用ガスの供給を行うことが可能である。その例を図 1 4 及び図 1 5 に示す。なお、図 1 4 において、チャンバー 2 内の基本構成は前記図 1 に示したものと全く同等であり、ここでは説明を省略する。

図 1 5 (a) (b) に示すように、回転体 2 4 は、前記図 2 (a) (b) に示したものと同様に円筒状の外周面をもつ円柱状に形成されているが、ここでは、その下部を残してそれよりも上側の部分が覆い部材 1 4 で覆われている。詳しくは、覆い部材 1 4 の底壁に回転体 2 4 の形状に対応した形状の表面処理用ガス排出口 1 8 が設けられ、この表面処理用ガス排出口 1 8 から回転体 2 4 の下部が覆い部材 1 4 の下方に突出するように当該回転体 2 4 が配設されており、基材 1 2 の搬送時に当該基材 1 2 と回転体 2 4 の下面とが微小な隙間 2 3 をおいて対向するようになっている。

この装置においても、回転体 2 4 の中心軸は前記基材 1 2 の搬送方向と略直交する方向を向き、当該回転体 2 4 にその中心軸に沿って当該回転体 2 4 を貫く回

転中心軸 26 が固定されており、この回転中心軸 26 の両端が、前記覆い部材 14 の底壁上に立設された一对の軸受台 28 を介して回転可能に支承されている。そして、覆い部材 14 の外部に回転駆動手段であるモータ 30 が設置されるとともに、このモータ 30 の出力軸及び前記回転中心軸 26 の一端部には互いに磁力で連動するマグネットカップリング 32 が固定され、これらのマグネットカップリング 32 が覆い部材 14 の側壁を挟んでその内外に配置されており、当該モータ 30 の作動により、前記回転体 24 が前記回転中心軸 26 の中心軸回り（基材搬送方向と略直交する方向の軸回り）に回転駆動されるようになっている。

この装置では、前記覆い部材 14 の底壁の下面（すなわち覆い部材 14 が基材 12 の表面と対向する面）に放電電極 34 が設けられている。この放電電極 34 は、前記回転体 24 を基準として、当該回転体 24 と基材 12 との隙間 23 における当該回転体 24 の外周面の周速の向き（図では右向き）と反対の側（図では左側）に設けられている。そして、この放電電極 34 に高周波電圧（直流電圧でもよい）が印加される一方、基材 12 が接地された状態で搬送されることにより、前記放電電極 34 と基材 12 との間にプラズマ生成用の電界が形成されるようになっている。

また、この装置でも、前記対向板 20 の案内面と整流板 22 の側面との離間寸法が前記回転体 24 の外周面と対向板 20 の上面との隙間 23 の寸法（離間距離）よりも大きく設定されている。

次に、この装置を用いて基材 12 の表面に酸化膜を形成する例を説明する。

この方法で行われる各操作のうち、「1）基材搬送操作」は前記の方法と全く同等である。また、「2）薄膜原料ガス供給操作」も、単にチャンバー 2 内に当該薄膜原料ガスを供給するようにすればよい。

「3）表面処理用ガス供給操作」についても、前記と同様、表面処理用ガス供給口 16 を通じて覆い部材 14 内にアルゴン等のキャリアガス及び O_2 、 N_2O 、 NO_2 、空気等の酸化剤を含む表面処理用ガスを供給するが、覆い部材 14 内では、モータ 30 の作動で回転体 24 を図 1 及び図 2 の矢印方向、すなわち、回転体 24 の外周面と基材 12 の表面との隙間 23 における当該回転体 24 の外周面

の周速成分が基材搬送台 10 上の基材 12 の表面から離れる向きとなる方向に高速回転させる。

この回転体 24 の回転により、その外周面に前記表面処理用ガスが巻き込まれ、覆い部材 14 内から表面処理用ガス排出口 18 を通じて基材 12 の表面に抜け出て前記隙間 23 に導かれる。しかし、この隙間 23 の寸法が小さいために多くの表面処理用ガスが回転体 24 の回転方向上流側に逆流し、基材 12 の表面と覆い部材 14 の底壁とで挟まれた空間内に導かれる。

その際、当該基材 12 の表面と放電電極 34 との間に所定強さの電界を形成しておく、この電界形成領域に前記表面処理用ガスが供給されることによりプラズマ 40 が生成され、当該プラズマ 40 によってチャンバー 2 内の薄膜原料ガスが基材 12 上で化学反応を起こすことにより当該基材 12 の表面に薄膜が形成される。

この方法でも、例えば従来のように回転電極と基材 12 との微小隙間にプラズマを生成する方法に比べ、隙間寸法の厳しい管理が要求されず、しかも、回転体 24 の回転による表面処理用ガスの巻き込みと、当該回転体 24 と基材 12 との隙間 23 からの表面処理用ガスの逆流とを利用して基材 12 に対してその幅方向（基材搬送方向と直交する方向）について均一な表面処理用ガスの供給をすることができ、これにより高質の表面処理を実現することができる。

また、前記覆い部材 14 内に供給する表面処理用ガスに薄膜原料ガスを含め、この薄膜原料ガスとともにプラズマ化して基材 12 の表面に供給するようにしても、薄膜形成は可能であり、その場合、ガス供給口 6 からはチャンバー 2 内に例えばキャリアガスのみを供給するようにすればよいことは、前記図 4 及び図 5 に示した装置と同様である。

なお、本発明は以上示したプラズマ CVD に限るものではなく、例えば、予め基材 12 を高温に加熱しておいてその熱エネルギーを利用してガスに化学反応を起こさせる熱 CVD の適用も可能である。その場合も、前記と同じ要領で適当な表面処理用ガスを基材 12 の表面に供給するようにすればよい。

また、前記図 1 ～図 15 に示した装置はいずれも、回転体 24 と対向板 20 ま

たは基材 1 2 との隙間 2 3 から逆流したガスを基材 1 2 の表面に供給するようにしているが、例えば図 1 6 に示すように、前記図 2 に示した装置において回転体 2 4 を逆向きに回転させ、当該回転体 2 4 と対向板 2 0 との隙間 2 3 を通過したガスがそのまま回転体 2 4 の周速の向きに基材 1 2 の表面に供給されるようにしてもよい。

あるいは、図 1 7 に示すように、覆い部材 1 4 内に一對の回転体 2 4 を微小な隙間 2 3 をおいて相対向させて相互逆向きに回転させ、当該隙間 2 3 を通過したガスがそのまま基材 1 2 の表面に供給されるようにしてもよい。この場合、両回転体 2 4 がそれぞれ対向部材を兼用することになる。

また、前記図 1 4 及び図 1 5 に示した装置においても、前記回転体 2 4 を図の矢印方向と逆の方向に回転させ、当該回転体 2 4 と基材 1 2 との隙間 2 3 を通過したガスが基材 1 2 の表面に供給されるようにしてもよい。

ただし、前記のように隙間 2 3 から逆流したガスが供給されるようにすれば、より安定した圧力状態で表面処理用ガスを基材 1 2 の表面に対して均一に供給することができる利点を得られる。

以下、好ましい実施例を提示する。

・実施例 1

前記図 4 及び図 5 に示す装置でチタニア（チタン酸化膜）の形成を行った。基材 1 2 には厚さ 4 mm のガラス基板を用い、薄膜原料ガスには $\text{Ti}(\text{i-OC}_3\text{H}_7)_4$ を用い、覆い部材 1 4 内へはヘリウムと酸素の混合ガスを表面処理用ガス供給口 1 6 から導入し、チャンバー 2 内へは前記薄膜原料ガスをヘリウムガスで希釈したガスをガス供給口 6 から導入するようにした。放電電極 3 4 には 13.56MHz の高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、基材 1 2 上にヘリウム・酸素の活性ガスを供給した。

この条件において、回転体 2 4 を 1500rpm で回転させた場合には基材 1 2 の表面に対してその幅方向（基材搬送方向と直交する方向）について±1%内の精度で均一にガスを供給することができた。また、薄膜原料ガスとして前記の $\text{Ti}(\text{i-OC}_3\text{H}_7)_4$ に代えて $\text{Ti}(\text{t-OC}_4\text{H}_9)_4$ を用いた場合にも同様の効果を得ること

ができた。これに対し、前記回転体 24 を回転させなかった場合にはいずれの薄膜原料ガスを用いても成膜を確認することができなかった。

・実施例 2

前記図 16 に示す装置において、熱 CVD によりシリカ（シリコン酸化膜）の形成を行った。基材 12 には厚さ 0.7mm のガラス基板を用い、これを 300℃ に加熱した状態で搬送し、さらに表面処理用ガス排出口 18 の直前で 600℃ まで加熱した状態でこれに表面処理用ガスを吹き付けた。この表面処理用ガスには、キャリアガスであるヘリウムに薄膜原料ガスであるテトラエトキシシラン（TEOS）を 1.5% 混合したものをを用いた。

この条件において、回転体 24 を 1500rpm で回転させた場合には基材 12 の表面に対してその幅方向（基材搬送方向と直交する方向）について ±3% 内の精度で均一にガスを供給することができたのに対し、前記回転体 24 を回転させず、覆い部材 14 内への表面処理用ガス供給圧力のみによって表面処理用ガス排出口 18 からガスを排出させた場合には、±50% 程度の均一性しか得ることができなかった。

・実施例 3

前記図 14 及び図 15 に示す装置において、回転体 24 と対向板 20 との隙間 23 の寸法を適宜変更しつつ、薄膜原料ガスにテトラエトキシシラン（TEOS）、キャリアガスにヘリウムを用いてシリコン酸化膜の形成を行った。ここで、基材と放電電極 34 との間隔は 5mm、回転体 24 の直径は 100mm とし、回転数は 1500rpm とした。

図 18（a）は、前記隙間 23 の寸法と、成膜を開始してから 1 分の間に形成された薄膜の膜厚との関係を示したものである。図示のように、この実施例では、回転体 24 の外周面と対向板 20 との隙間 23 を 5mm 以下とすることによって成膜速度の著しい向上が見られ、特に当該隙間 23 を 2mm 以下（さらに好ましくは 1mm 以下）とすることによりきわめて速度の高い成膜を実現できることが確認できた。

また、この実施例 3 において、前記隙間差の寸法を 1mm に固定する一方、

回転体 24 の回転数を変えて成膜実験を行った結果を図 18 (b) に示す。図示のように、回転体 24 を回転させない場合 (0 rpm) では、成膜速度が上がらないのは勿論のこと、回転体 24 の両外側の広い空間にガスが逃げ込むために基材 12 の両外側に膜厚が偏在するのに対し、回転体 24 の回転数を上げるに従って成膜速度及び膜厚の均一性が向上し、回転数を 1500rpm まで高めると基材幅方向 (基材搬送方向と直交する方向) の膜厚の変動割合を ±1% 以下のレベルまで高めることが可能になる。

・実施例 4

前記図 8 に示した装置における主要寸法の好適例を以下に提示する。

- 1) 回転体 24 の外周面と覆い部材底壁 15 との隙間の最小寸法 : 1 mm
- 2) 前記隙間が最小となる位置から表面処理用ガス排出口 18 までの距離 : 11mm
- 3) 表面処理用ガス排出口 18 のスリット幅 : 1~5mm 未満
- 4) 底壁 15 の厚さ (表面処理用ガス排出口 18 の深さ) : 5mm
- 5) 底壁 15 の下面と基材 12 との離間距離 : 5mm
- 6) 放電電極 34 及び接地電極 36 の断面形状 : 矩形状 (縦 3mm × 横 5mm)

・実施例 5

前記図 9 に示した装置における主要寸法の好適例を以下に提示する。

- 1) 回転体 24 の外周面と覆い部材底壁 15 との隙間の最小寸法 : 1 mm
- 2) 前記隙間が最小となる位置から表面処理用ガス排出口 18 までの距離 : 11mm
- 3) 表面処理用ガス排出口 18 のスリット幅 : 1~5mm 未満
- 4) 底壁 15 の厚さ (表面処理用ガス排出口 18 の深さ) : 5mm
- 5) 底壁 15 の下面と基材 12 との離間距離 : 5mm
- 6) 放電電極 34 の傾斜面 34a の傾斜角度 : 30°
- 7) 放電電極 34 の傾斜面 34a と回転体 24 の外周面との水平距離の最小値 : 2mm

・実施例 6

前記図 1 2 に示した装置における主要寸法の好適例を以下に提示する。

- 1) 回転体 2 4 の外周面と凹面 1 5 a との隙間 1 mm
- 2) 底壁 1 5 の厚さ : 6~10mm
- 3) 底壁 1 5 の下面と基材 1 2 との離間距離 : 5mm
- 4) 放電電極 3 4 の傾斜面 3 4 a の傾斜角度 : 30°
- 7) 放電電極 3 4 の傾斜面 3 4 a と回転体 2 4 の外周面との水平距離 :
1~5mm

産業上の利用可能性

以上のように、本発明によれば、簡素かつ低コストの構成で、基材上への均一なガス供給を可能にして高質の表面処理を実現することができる。

請求の範囲

1. 特定方向に基材を搬送する操作と、その基材の表面に向けて表面処理用ガスを供給するガス供給操作とを含む表面処理方法において、前記ガス供給操作は、前記基材から離れた位置に対向部材が設けられてこの対向部材に円筒状外周面をもつ回転体の当該外周面が隙間において対向するように配置された表面処理装置を用い、その回転体を前記基材の搬送方向と略直交する方向の軸を中心に回転させ、かつ、この回転体の外周面に前記表面処理用ガスを巻き込ませて前記隙間に導かせることにより、当該隙間から前記基材表面へ前記表面処理用ガスが送り出されるようにするものであることを特徴とする表面処理方法。

2. 請求項1記載の表面処理方法において、前記ガス供給操作は、前記隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記基材表面に送り出されるようにするものであることを特徴とする表面処理方法。

3. 請求項1記載の表面処理方法において、前記回転体から前記基材の表面に至るまでの領域内でプラズマ生成用の電界を形成してその電界形成位置に前記表面処理用ガスを供給することを特徴とする表面処理方法。

4. 請求項1記載の表面処理方法において、当該表面処理は前記基材の表面に薄膜を形成する処理を含むものであり、当該薄膜の原料となる薄膜原料ガスを前記表面処理用ガスに含ませ、当該薄膜原料ガスを前記基材表面またはその近傍で化学反応させることにより当該基材表面を処理することを特徴とする表面処理方法。

5. 請求項3記載の表面処理方法において、当該表面処理は前記基材の表面に薄膜を形成する処理を含むものであり、前記電界に前記表面処理用ガスを供給することにより生成されたプラズマまたはこのプラズマにより励起されたラジカル種を前記基材の表面に供給するとともに当該基材表面のプラズマまたはラジカル種に前記薄膜の原料となる薄膜原料ガスを供給することにより当該薄膜原料ガスを前記基材表面またはその近傍で化学反応させて当該基材表面に薄膜を形成することを特徴とする表面処理方法。

6. 請求項 5 記載の表面処理方法において、前記表面処理用ガスには、不活性ガス、酸素含有ガスの少なくとも一方が含まれることを特徴とする表面処理方法。

7. 特定方向に基材を搬送する基材搬送手段と、その基材の表面に向けて表面処理用ガスを供給するガス供給手段とを備えた表面処理装置において、前記ガス供給手段は、円筒状外周面を有し、その中心軸が前記基材の搬送方向と略直交する方向を向くように配置された回転体と、この回転体をその中心軸回りに回転させる回転駆動手段と、前記回転体の外周面に対して隙間をおいて対向する位置に設けられた対向部材とを備え、前記回転体の回転に伴ってその外周面に巻き込まれた表面処理用ガスが当該回転体の外周面と前記対向部材との隙間に導かれ、かつ、この隙間から前記基材表面へ前記表面処理用ガスが送り出されるように前記対向部材が配置されていることを特徴とする表面処理装置。

8. 請求項 7 記載の表面処理装置において、前記回転体から前記基材の表面に至るまでの領域中にプラズマ生成用の電界を形成する電界形成手段が配置され、この電界を前記表面処理用ガスが通ることにより表面処理用プラズマが生成されるように構成されていることを特徴とする表面処理装置。

9. 請求項 7 記載の表面処理装置において、前記ガス供給手段は、前記隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記基材表面に送り出されるように前記回転体及び対向部材が配置されたものであることを特徴とする表面処理装置。

10. 請求項 7 記載の表面処理装置において、前記対向部材は前記隙間から前記基材の表面へ前記表面処理用ガスを案内する案内面を有していることを特徴とする表面処理装置。

11. 請求項 10 記載の表面処理装置において、前記対向部材の案内面が前記回転体の外周面に対向していることを特徴とする表面処理装置。

12. 請求項 10 記載の表面処理装置において、前記対向部材は板状をなし、その端面が前記回転体の外周面に対向するとともに、当該対向部材の一側面が前記案内面を構成していることを特徴とする表面処理装置。

13. 請求項 12 記載の表面処理装置において、前記対向部材の端面は前記回

転体の外周面に沿う形状の曲面とされていることを特徴とする表面処理装置。

14. 請求項12記載の表面処理装置において、前記対向部材に加え、この対向部材よりも前記回転体の回転方向下流側の位置で当該回転体の外周面に隙間において対向する下流側対向部材を備えるとともに、この下流側対向部材と前記対向部材とで挟まれた領域内に前記表面処理用ガスとは別のガスを供給するための少なくとも一つのガス供給部が設けられ、このガス供給部から供給されるガスが前記回転体の外周面に巻き込まれて当該回転体と前記下流側対向部材との隙間から当該下流側対向部材に沿って基材表面へ案内されるように当該下流側対向部材が配置されていることを特徴とする表面処理装置。

15. 請求項14記載の表面処理装置において、前記回転体と前記対向部材との隙間から前記基材表面に至るまでの間の領域中にプラズマ生成用の電界を形成する電界形成手段が配置され、この電界を前記表面処理用ガスが通ることにより表面処理用プラズマが生成されるように構成されるとともに、前記ガス供給部からは前記表面処理用プラズマにより化学反応を起こして基材表面に薄膜を形成する薄膜原料ガスが供給されるように構成されていることを特徴とする表面処理装置。

16. 請求項14記載の表面処理装置において、前記回転体と前記対向部材との隙間が前記回転体と前記下流側対向部材との隙間よりも小さいことを特徴とする表面処理装置。

17. 請求項10記載の表面処理装置において、前記案内面と対向する位置に整流部材が設けられ、この整流部材と前記案内面との間を前記表面処理用ガスが流れるように当該整流部材が配置されていることを特徴とする表面処理装置。

18. 請求項17記載の表面処理装置において、前記案内面とこれに対向する前記整流部材の面とに相対向するプラズマ生成用電極が配置され、これらの電極の間に電圧が印加された状態で当該電極間を前記表面処理用ガスが通過することにより当該表面処理用ガスが化学反応を起こすように構成されていることを特徴とする表面処理装置。

19. 請求項17記載の表面処理装置において、前記対向部材の案内面と前記

整流部材との離間距離が前記回転体の外周面と前記案内面との離間距離よりも大きいことを特徴とする表面処理装置。

20. 請求項7記載の表面処理装置において、前記回転体及び前記対向部材を覆う覆い部材を備え、この覆い部材に、当該覆い部材内に表面処理用ガスを導入するための表面処理用ガス導入口と、この覆い部材内における前記回転体と前記対向部材との隙間から前記基材の表面へ向けて前記表面処理用ガスを排出するための表面処理用ガス排出口とが設けられていることを特徴とする表面処理装置。

21. 請求項9記載の表面処理装置において、前記対向部材は、前記基材の表面にも対向するように当該基材の表面と前記回転体との間に配置され、かつ、この対向部材と前記回転体との隙間が最小となる位置よりも前記回転体の回転方向上流側の位置に当該対向部材を貫通するガス排出口を有するとともに、前記隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記ガス排出口を通じて基材表面に送り出されるように配置されていることを特徴とする表面処理装置。

22. 請求項21記載の表面処理装置において、前記ガス排出口は前記回転体の回転軸方向と平行な方向に延びるスリット状をなしていることを特徴とする表面処理装置。

23. 請求項21記載の表面処理装置において、前記対向部材は、前記回転体の外周面に沿って湾曲する凹面を有し、かつ、この凹面と前記回転体の外周面との間にその周方向に亘って略均一な微小隙間が形成される位置に配置されていることを特徴とする表面処理装置。

24. 請求項21記載の表面処理装置において、前記回転体を覆う覆い部材を備え、この覆い部材に、当該覆い部材内に表面処理用ガスを導入するための表面処理用ガス導入口が設けられるとともに、当該覆い部材を構成する壁の一部が前記回転体と前記基材との間に介在して前記対向部材を構成していることを特徴とする表面処理装置。

25. 特定方向に基材を搬送する基材搬送手段と、その基材の表面に向けて表面処理用ガスを供給するガス供給手段とを備え、当該表面処理用ガスを前記基材表面またはその近傍で化学反応させることにより当該基材表面を処理するための

表面処理装置において、前記ガス供給手段は、円筒状外周面を有し、その外周面が前記基材搬送手段により搬送される基材の表面に対向し、かつ、その中心軸が前記基材の搬送方向と略直交する方向を向くように配置された回転体と、この回転体をその中心軸回りに回転させる回転駆動手段と、前記回転体を当該回転体が前記基材の表面に対向する部位を残して覆う覆い部材と、この覆い部材が前記基材の表面に対向する面と当該基材の表面との間に電界を形成する電界形成手段とを備え、前記覆い部材内に供給された表面処理用ガスが前記回転体の回転に伴いその外周面に巻き込まれて当該回転体の外周面と前記基材の表面との隙間に導かれ、かつ、この隙間から前記電界形成手段により電界が形成される領域に供給されて当該領域でプラズマが生成されるように前記回転体及び覆い部材が配置されていることを特徴とする表面処理装置。

26. 請求項25記載の表面処理装置において、前記ガス供給手段は、前記回転体と基材の表面との隙間から前記回転体の回転方向上流側に逆流したガスが前記電界形成領域に送り出されるように前記回転体及び覆い部材が配置されたものであることを特徴とする表面処理装置。

27. 請求項25記載の表面処理装置において、前記電界形成領域における前記基材の表面とこれに対向する覆い部材の面との離間距離が前記基材の表面と前記回転体の外周面との離間距離よりも大きいことを特徴とする表面処理装置。

図 2

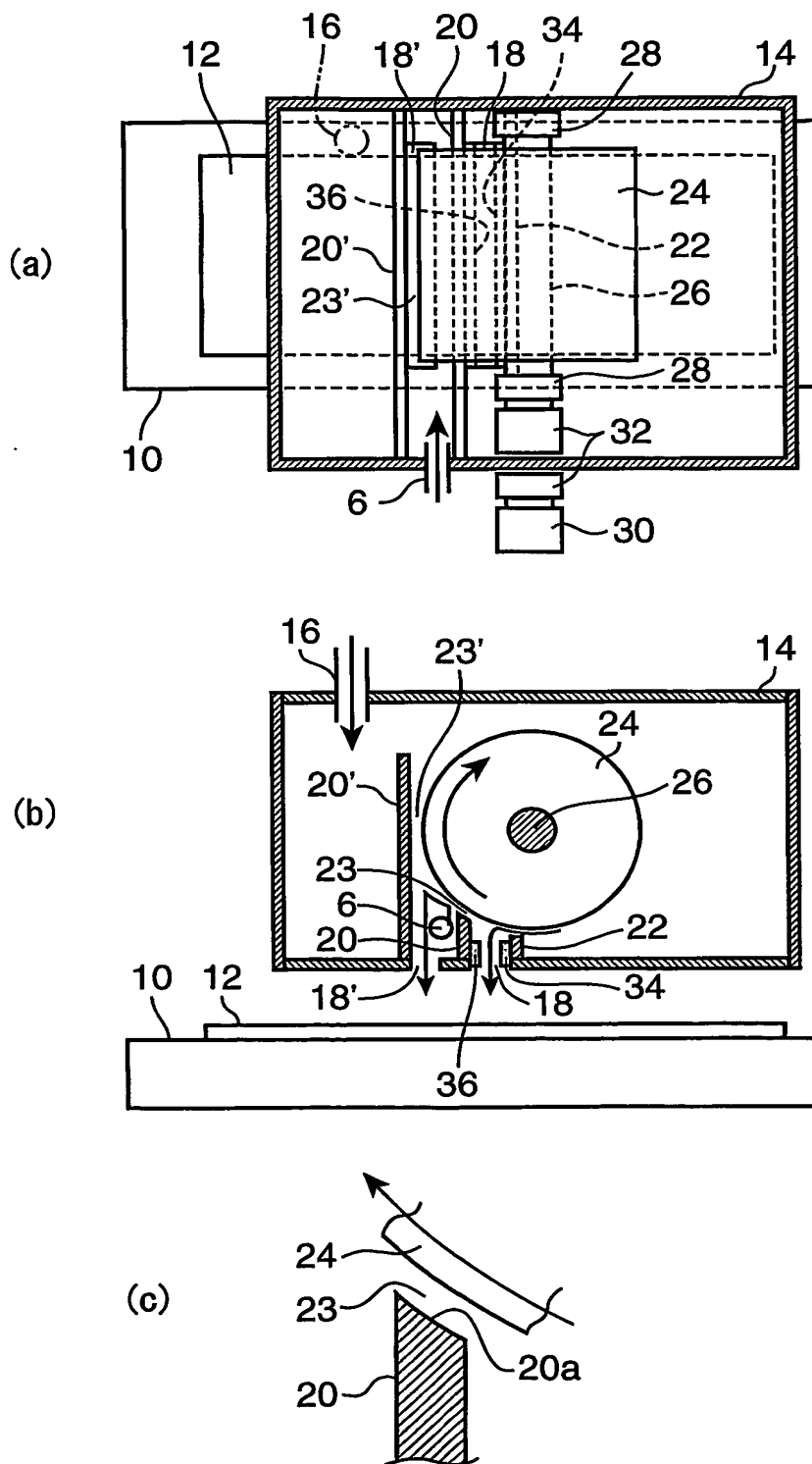


図 3

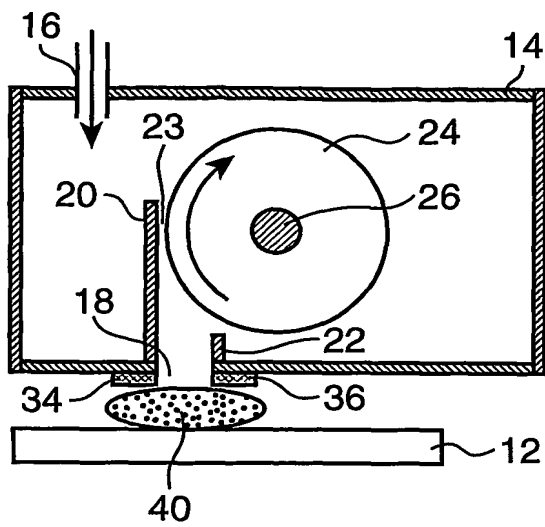


図 4

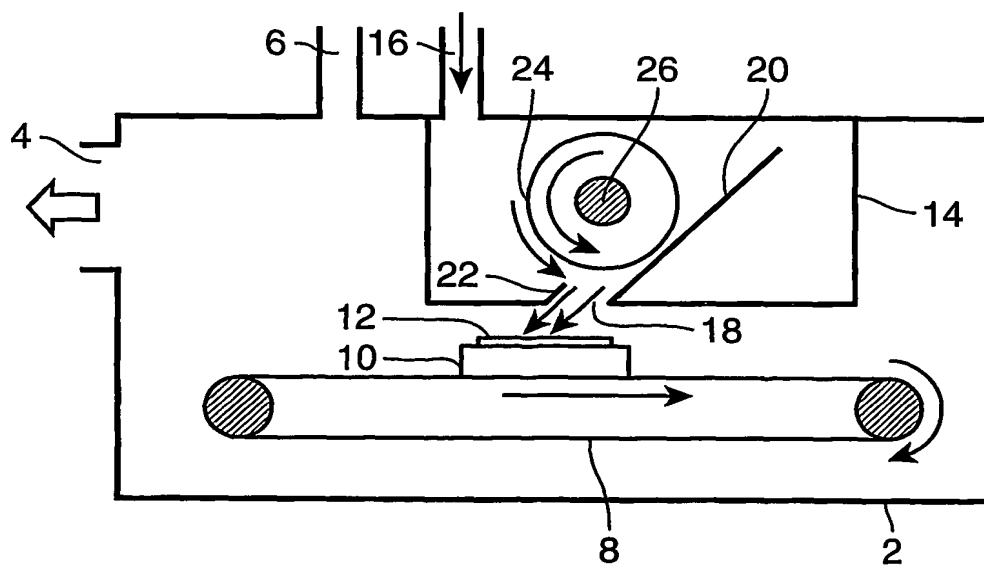


図 5

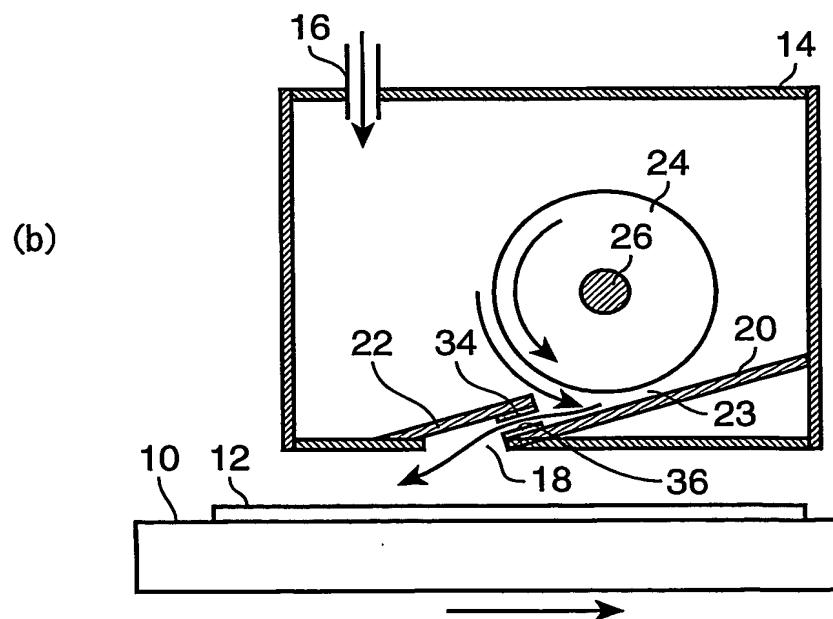
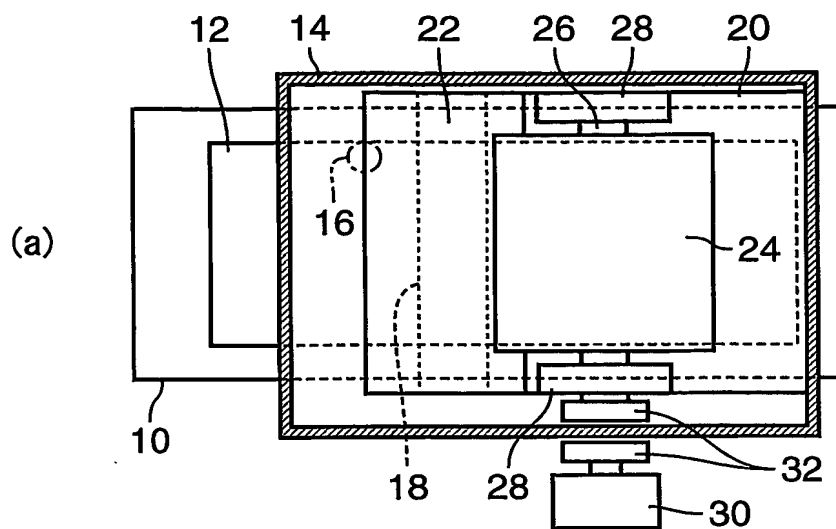


図 6

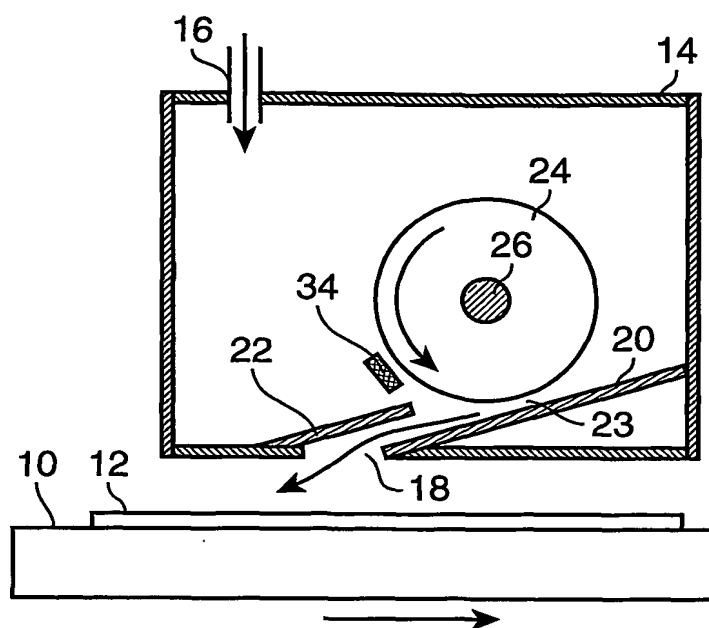


図 7

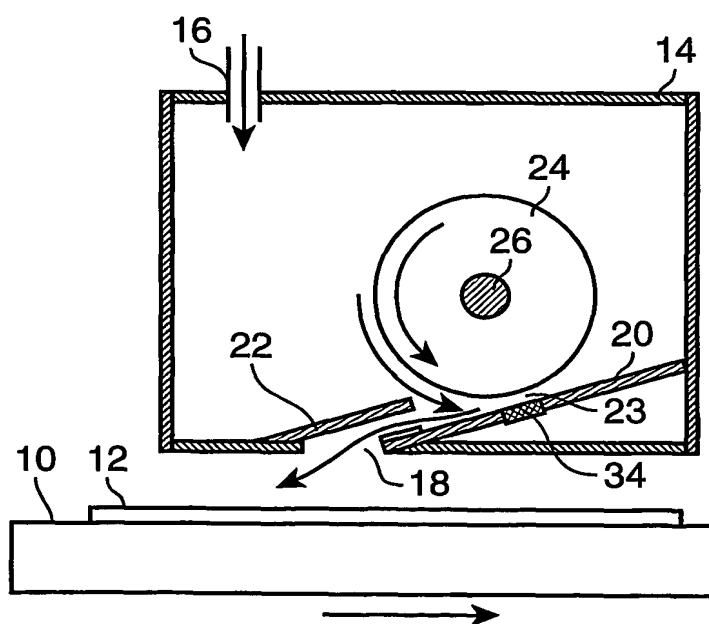


図 8

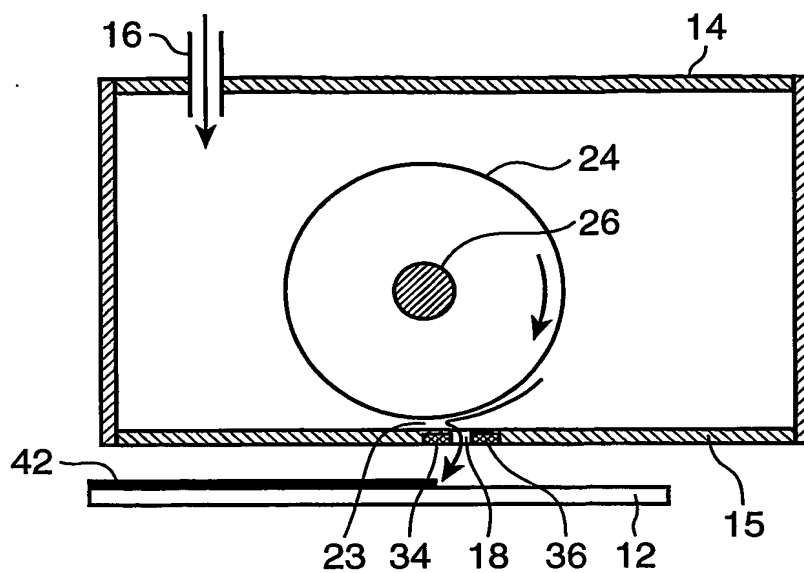


図 9

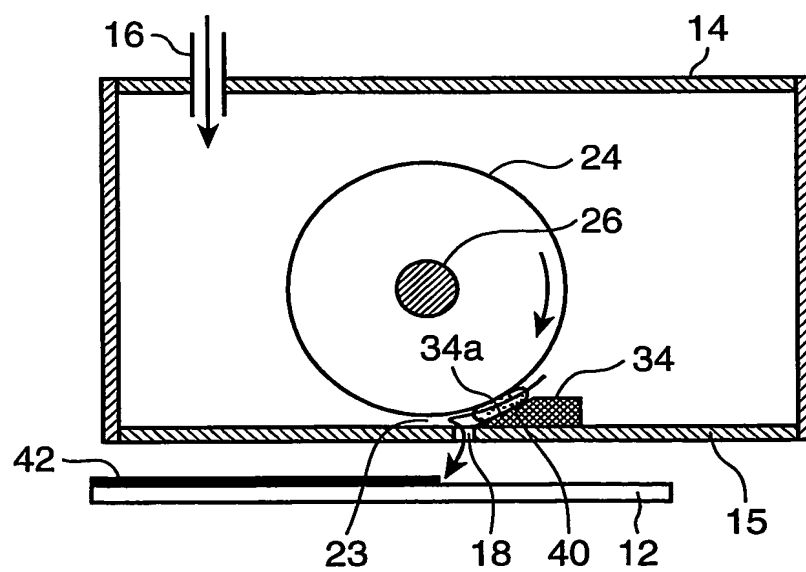


図 10

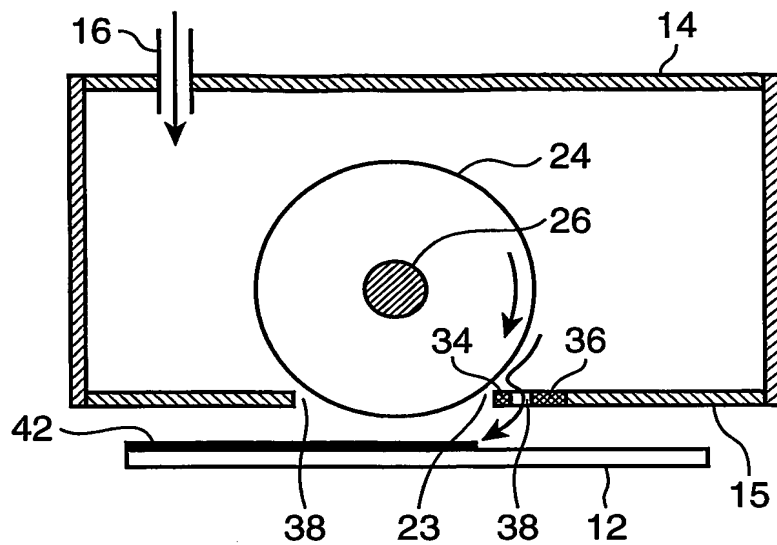


図 11

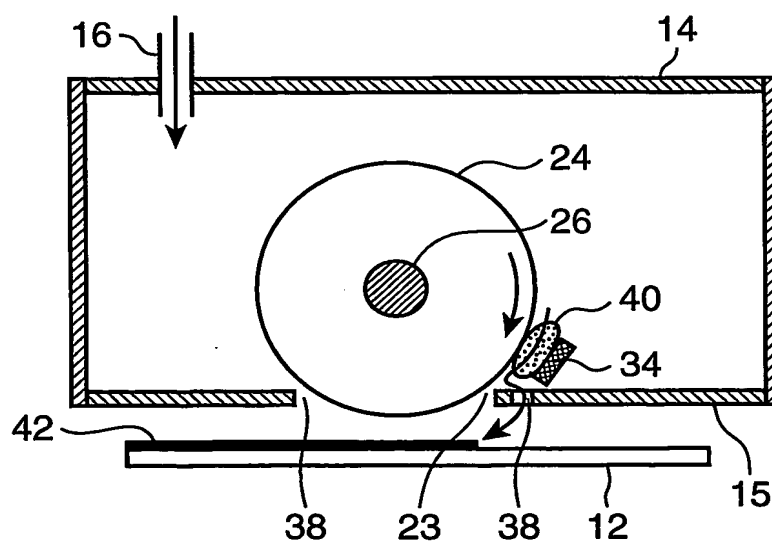


図 1 2

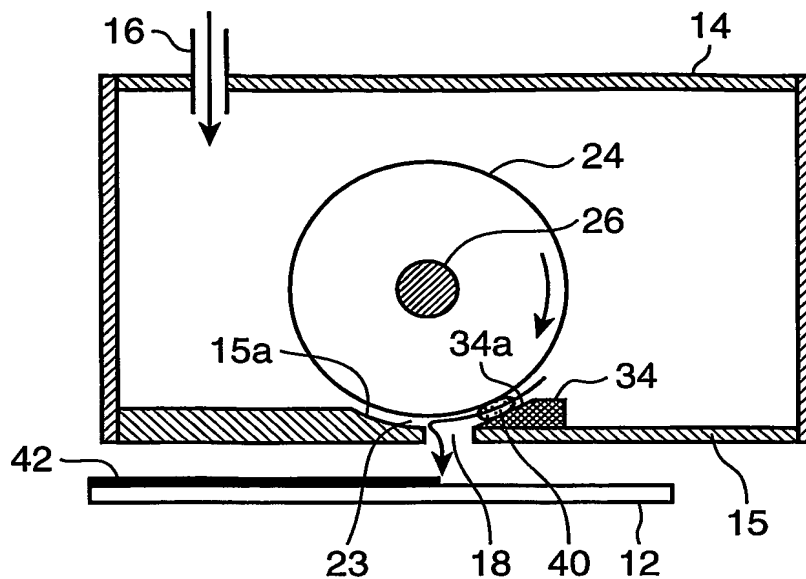


図 1 3

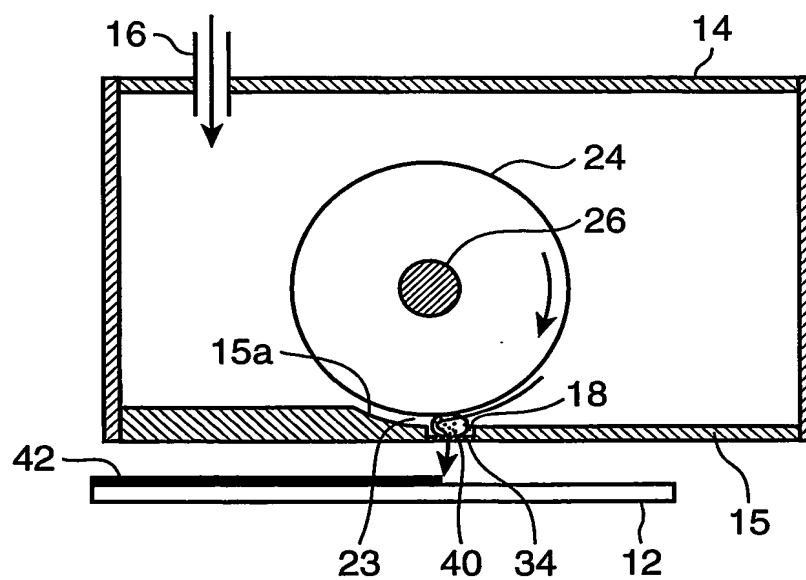


図 1 4

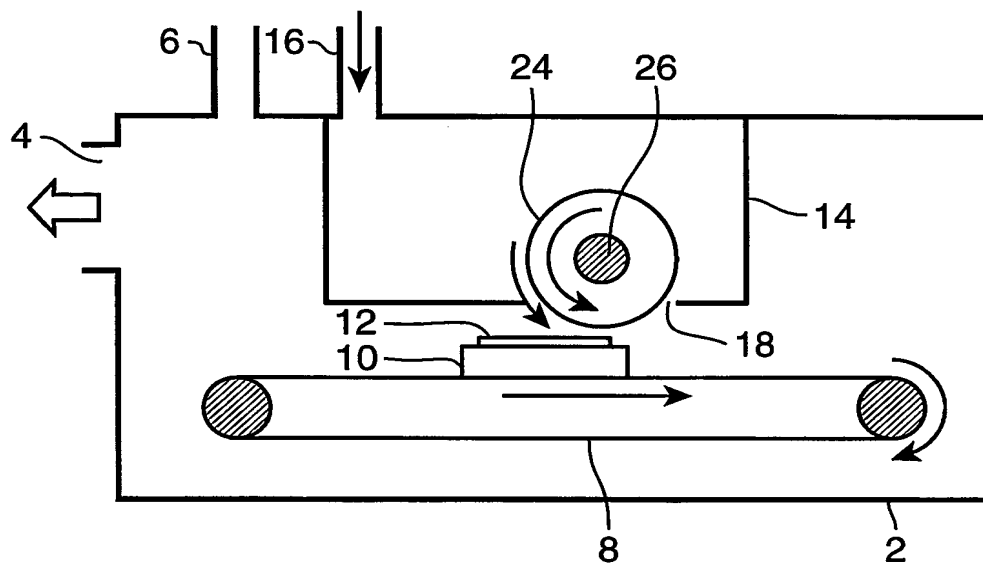


図 1 5

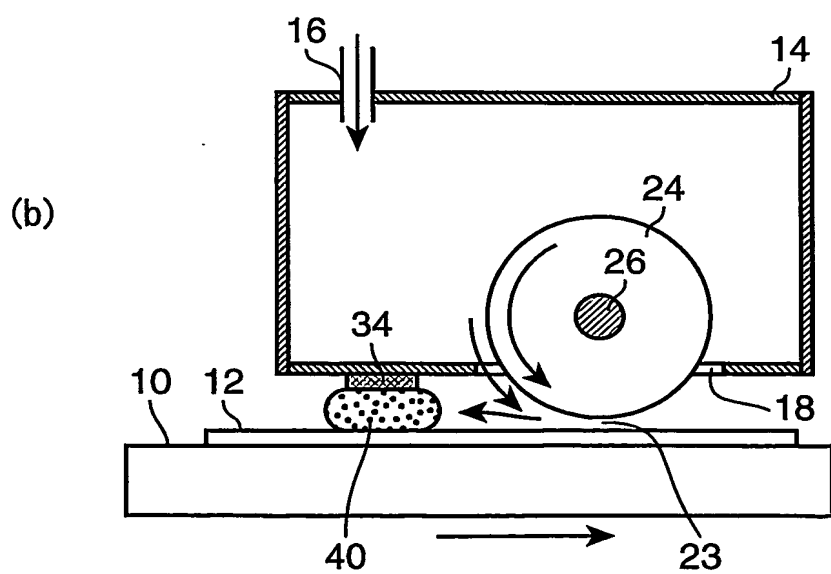
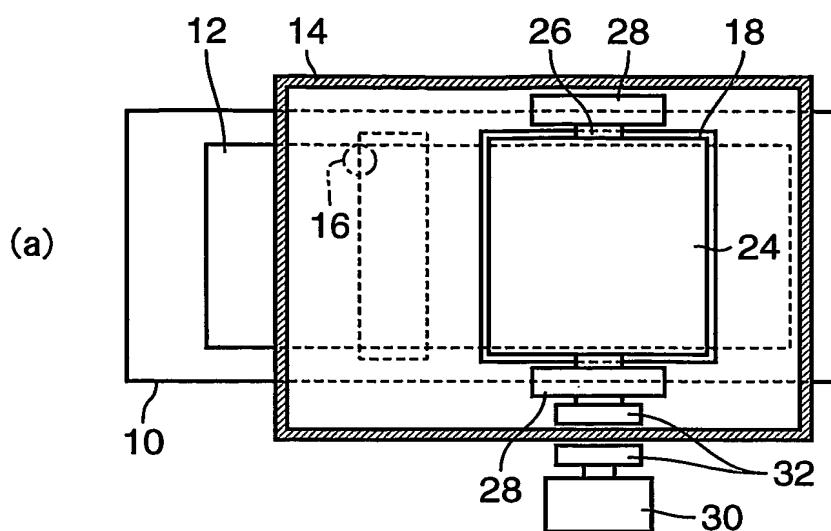


図 1 6

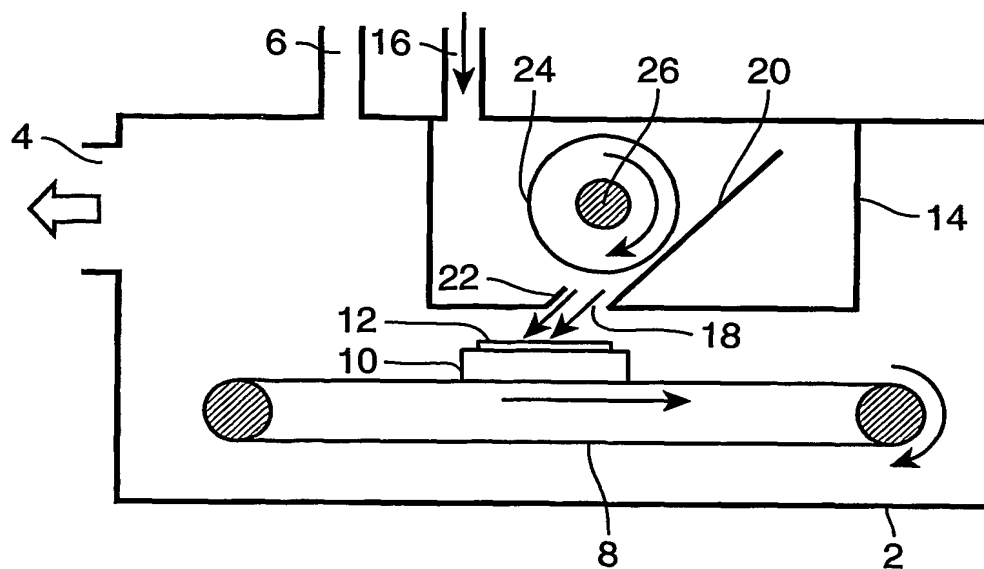


図 1 7

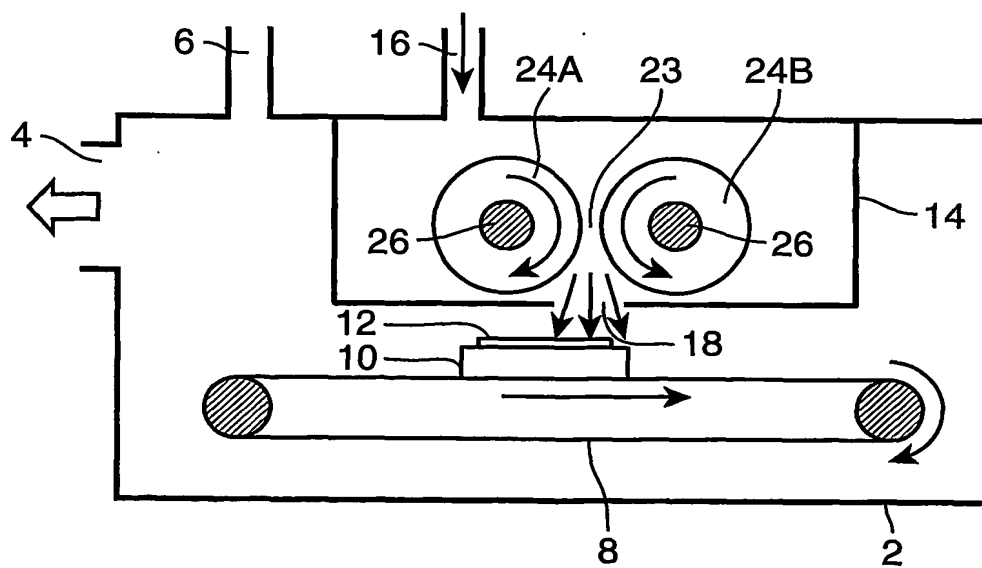
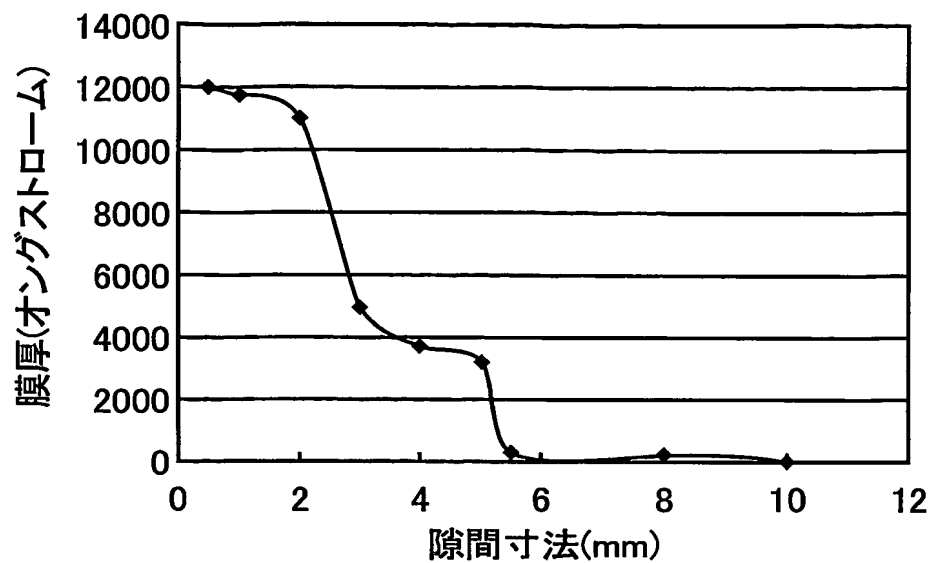


図 18

(a)



(b)

